



Liikuntahallien ilmanvaihdon selvittäminen ja vertaaminen tapausesimerkkien avulla

Sauli Sinkkonen

OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2019

Talotekniikan koulutusohjelma
LVI-talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma
LVI-talotekniikka

SINKKONEN SAULI:

Liikuntahallien ilmanvaihdon selvittäminen ja vertaaminen tapausesimerkkien avulla

Opinnäytetyö 33 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Joulukuu 2019

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää liikuntahallien ilmanvaihdon suunnittelua. Tutkimuksessa kysyttiin, millä tavoin liikuntahallien suunnittelussa huomioidaan tilojen monipuolinen käyttö.

Tutkimustehtävään vastattiin analysoimalla toteutettuja ilmanvaihtosuunnitelmia kahdessa tutkimuskohteessa, Vexve Areenassa ja Tahto Areenassa. Ilmanvaihtosuunnitelmista verrattiin liikuntahallien ilmanjakotapoja, ilmamääriä ja ilmanvaihdon ohjausta.

Tulokset osoittivat, että urheilijoiden ja yleisön osalta vaatimukset ovat osittain samoja. Halleihin oli suunniteltu riittävä ilmanvaihto epäpuhtauksien poistamiseksi ja huolehdittu, että ilma vaihtuu ilman suurten tuloilmavirtojen aiheuttamia haittoja. Näistä merkittävin on ilman suuri virtausnopeus, joka vaikuttaa muun muassa herkkiin urheilulajeihin, kuten sulkapalloon tai rytmiseen voimisteluun.

Tutkimuksessa keskeiseksi huomion kohteeksi nousi ilmanvaihdon suhde erikokoisiin käyttöasteisiin kahdessa liikuntahallissa. Tutkimuksen perusteella voidaan suositella, että liikuntahallien ilmanvaihdon suunnittelussa kannattaa huomioida käyttäjien erilaisuus ja sen myötä vaihtelevat käyttötarpeet mahdollisimman hyvin.

Asiasanat: ilmanjako, ilmanvaihto, liikuntahalli, suunnittelu

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
HVAC Services

SINKKONEN SAULI:
A Comparative Study on Ventilation in Sport halls

Bachelor's thesis 33 pages, appendices 0 pages
December 2019

The study aimed to scrutinize the ventilation designs in sport halls. The research objective was to compare two cases and determine the air distribution functions and methods in relation to the multipurpose usage of the halls.

Designs of two Finnish sport halls, Vexve Areena and Tahto Areena, were analyzed. The data consisted of design plans for the air distribution methods, airflow, and ventilation controls.

The results showed that the requirements for ventilation are fairly similar for athletes and spectators. The ventilation in both halls was designed to reduce air contaminants and the side effects of large amounts of supply airflow. Subsequently, the most important design decision is the reduction of air velocity as it could affect sports such as badminton and rhythmic gymnastics.

The study concludes that the different functions of the sport halls determine the ventilation design. Therefore, it is recommended that in designing the ventilation in sport halls, the HVAC designers pay close attention to the potential users and their needs as comprehensively as possible.

Key words: air distribution, design, sport hall, ventilation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	LIIKUNTAHALLIEN ILMANVAIHTO.....	7
2.1	Liikuntahallien käyttöfunktiot IV-suunnittelun näkökulmasta	7
2.2	Säädökset, määräykset ja ohjeet	8
2.2.1	Suomen säädöskokoelma 1009/2017	8
2.2.2	Sisäilmaluokitus 2018: Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset.	10
2.2.3	Sisäliikuntatilojen LVIA-suunnittelu.....	11
2.2.4	Kumotun D2/2012 eroavaisuudet Suomen säädöskokoelmaan 1009/2017	14
2.3	Ilmanjakotavat.....	15
3	TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN.....	17
3.1	Tutkimuksen tavoite	17
3.2	Tutkimuskohteet Vexve Areena ja Tahto Areena	17
3.3	Aineiston kerääminen ja analyysi	19
4	TULOKSET	21
4.1	Liikuntahalli Vexve Areena	21
4.2	Liikuntahalli Tahto Areena.....	25
5	DISKUSSIO	28
5.1	Johtopäätökset.....	28
5.2	Tutkimuksen arviointi	31
	LÄHTEET	32

LYHENTEET JA TERMIT

IV	ilmanvaihto
LTO	lämmöntalteenotto
LVIA	lämmitys-, vesijohto-, ilmanvaihto- ja automaatiotekniikka
MP	moottoripelti
ppm	parts per million
SP	säätöpelti
TK	tuloilmakone

1 JOHDANTO

Tampereelle matkaavat junamatkustajat sukeltavat rakenteilla olevan monitoimiareenan alle ennen laiturille pääsyä. Paikalliset jääkiekkoukkueet sekä massatapahtumien järjestäjät saavat käyttöönsä uuden hallin vuonna 2021. Suomen Turkuun rakentuu myös parasta aikaa suurhalli, jossa tarjotaan kansainvälisestikin kiinnostusta herättäviä tapahtumia. Kyseiset hallit ja niiden käyttäminen erityisesti urheilujoukkueiden sarjaotteluihin ja arvokisojen järjestämiseen on saanut Suomessa paljon julkisuutta. Liikuntahallit ovat oiva keino myös pienemmille kaupungeille ja pitäjille lisätä tunnettavuuttaan: vieraspeleihin matkaavat kannattajat muodostavat mielikuvaa paikkakunnasta urheilu- ja kulttuuritilojen ja niiden tarjonnan perusteella.

Hallien toimivuus ja käyttöviihtyvyys on merkittävästi kiinni ilmanvaihdon toimivuudesta. Tehtävä ei ole yksinkertainen, sillä nykyään liikuntahallien suunnittelussa on huomioitava tilojen monimuotoiset käyttötarkoitukset. Tilat suunnitellaan yhä useammin mahdollisimman laajalle käyttäjäkunnalle ja tilojen on muuntauduttava toimiviksi niin pienemmille ryhmille kuin suuriin yleisötapahtumiin. Tämä aiheuttaa haasteita varsinkin tarkoituksenmukaisen ilmanvaihdon suunnittelulle. Tilojen käyttötarve ja käyttöaste voivat vaihdella esimerkiksi arkaamujen hallin lohkoissa tapahtuvista liikuntatunneista viikonloppujen 1000 ihmisen yleisötapahtumiin. Ilmanvaihdon tulee kuitenkin toimia jokaisessa tilanteessa eli hallin sisäilmaston täytyy pysyä viihtyisanä ja terveellisenä kaikilla suunnitelluilla käyttötarkoituksilla. Sisäilmaongelmien havaintojen lisääntyminen korostaa IV-suunnittelun ja toteutuksen merkittävyyttä ihmisten hyvinvoinnille.

Tämän työn tarkoituksena on verrata liikuntahalleissa käytettyjä ilmanjakotapoja ja miten niillä luodaan mahdollisimman vedoton ja käyttötarkoituksiin sopiva ilmanvaihto. Tutkimuksessa tarkastellaan kahta tapausesimerkkiä pienten kaupunkien liikuntahalleista. Molempien hallien yleisökapasiteetti on noin 1000 henkilöä, joten katsomotiloissa istuu paljon ihmisiä tiiviisti, kun ne ovat täynnä. Hallit on rakennettu vuoden 2012 rakennusmääräysten mukaisesti.

2 LIIKUNTAHALLIEN ILMANVAIHTO

2.1 Liikuntahallien käyttöfunktiot IV-suunnittelun näkökulmasta

Liikuntahallien tarkoituksena on tuottaa parhaat mahdolliset olosuhteet urheiluun ja muihin käyttötarkoituksiin ulkona olevasta säästä riippumatta. Varsinkin Suomessa suuresti vaihtelevan sään vuoksi liikuntahallit tarjoavat suojaa sekä tasaiset olosuhteet niin harrastamiseen kuin kilpailuun. Useimmat suosituimmista urheilulajeista ovatkin sisälajeja, joissa pääsarjatasolla kilpaillaan ainoastaan sisätiloissa (mm. lentopallo, koripallo, käsipallo, salibandy).

Liikuntahallit voivat sisältää suurempien liikunta-alueiden lisäksi kuntosaleja, juoksusuoria, heittopaikkoja ja voimistelualueita. Yleisesti liikuntahallit suunnitellaan aina alueen käyttäjien tarpeiden mukaisesti ja eri alueiden eroavaisuuksia painotetaan. Nykyään on suosittua tehdä liikuntahalleja spesifioidusti eri lajeille. Esimerkiksi harrastajien suosima salibandy tarvitsee ison alan, mutta ei niinkään korkeaa tilaa. Harrastustiloja on siten voitu rakentaa jopa useampaan kerrokseen päällekkäin. Tämän kaltainen liikuntahalli on esimerkiksi Arena Center Myllypuro, jossa kenttiä on kolmessa eri kerroksessa (Arena Center, 2019). Toiset lajit vaativat liikuntatiloilta myös vapaata korkeutta. Korkeamman tilan vaativista lajeista hyvänä esimerkkinä voidaan pitää lentopalloa. Lentopallon sääntöjen mukaan hallin vapaa korkeus tulee olla vähintään seitsemän metriä lattianpinnasta (FIVB, 2019).

Liikuntahallien ilmanvaihdon suunnittelussa on tärkeintä taata hyvät olosuhteet käyttäjien erilaisiin tarpeisiin. Ilman on vaihduttava riittävästi, jotta ihmisten tuottamat epäpuhtaudet ja lämpö saadaan poistettua ja ilma pidettyä raikkaana. Samaan aikaan suuret ilmavirrat eivät saisi vaikuttaa harrastuksiin tai luoda vedon tunnetta käyttäjiin. Eri lajien vaatimuksia mietittäessä onkin syytä keskittyä niistä kaikista herkimpään, joka useimmiten on sulkapallo tai rytminen voimistelu. Kun ilmavirroille herkimmän lajin harrastaminen tai sen kilpapelaaaminen ei häiriinny, ei ongelmaa synny vähemmän herkissä lajeissakaan. IV-suunnittelussa lajikohtaisesti huomioitavien tekijöiden tiedonlähteinä toimivat luontaisesti eri lajiliitot.

2.2 Säädökset, määräykset ja ohjeet

Tähän alalukuun on koottu merkittävimmät säädökset, määräykset ja ohjeet, jotka koskevat erityisesti liikuntahallien ilmanvaihtoa. Pääasiallisina aineistoina olen käyttänyt Suomen säädöskokoelmaa, Sisäilmaluokitus 2018:aa ja LVI 06-10600 Sisäliikuntatilojen LVIA-suunnittelu ohjekorttia.

2.2.1 Suomen säädöskokoelma 1009/2017

Suomen säädöskokoelma 1009/2017 on ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Suomen säädöskokoelman (1009/2017) luku 2:ssa on määritetty rakennuksen sisäilmasto. Sen neljännen pykälän mukaan huonelämpötilojen suunnitteluarvoissa rakennusten huonelämpötilojen on oltava viihtyisiä tilojen suunniteltuna käyttöaikana. Sädöskokoelmassa mainitaan, että huonelämpötilan suunnitteluarvona tulee käyttää 21 celsiusasteen lämpötilaa. Viidennessä pykälässä puolestaan sisäilman laadusta määrätään, että siinä ei saa olla todettavissa epäpuhtauksia ja hajuja. Hiilidioksidin osalta säädös on myös tarkka. Sen hetkellinen pitoisuus käyttöaikana, johon tila on suunniteltu, ei saa ylittää 1450 mg/m³ (800 ppm) enemmän kuin ulkoilman pitoisuus.

Terveiden ja hyvinvoinnin näkökulma painotetaan säädöskokoelmassa. ”Ilmanvaihdon on toteutettava terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilman laatu oleskelutiloissa. Ilmanvaihtojärjestelmän on tuotava rakennukseen riittävä ulkoilmavirta ja poistettava sisäilmasta terveydelle haitallisia aineita, liiallista kosteutta, viihtyisyyttä haittaavia hajuja sekä ihmisistä, rakennustuotteista ja toiminnasta sisäilmaan aiheutuvia epäpuhtauksia”. (Suomen säädöskokoelma 1009/2017, 8§ Ilmanvaihto.)

Suomen säädöskokoelman (1009/2017) yhdeksännen pykälän mukaan ilmanvaihtojärjestelmä on mitoitettava siten, että sisäilman laadun edellyttämällä ulkoilmavirralla voidaan taata terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilma oleskelutiloihin. Käyttöaikana ulkoilmavirraksi on mitoitettava vähintään 6 dm³/s henkilöä kohden. Kymmenennessä pykälässä ilmavirtojen ohjauksesta

määrätään, että sitä täytyy pystyä ohjaamaan kuormituksen tai ilman laadun mukaan niin, että se vastaa käyttötilannetta. Jos kyseessä on muu kuin asuinrakennus, ulkoilmavirran on oltava vähintään 0,15 (dm³/s)/m² lattian pinta-alaa kohden, silloin kun tilaa käytetään sen suunnitellun käyttöajan ulkopuolella. Kaikissa huonetiloissa ilman on lisäksi vaihduttava.

Asetuksen toisen luvun 13. pykälässä määritellään poistoilmaluokat neljään eri asteeseen niiden epäpuhtauksien mukaan (ks. Taulukko 1). Poistoilmaluokkiin liittyen viidennessätoista pykälässä kirjataan, että palautus- ja siirtoilmana saa käyttää vain ilmanpuhtaudeltaan samanarvoisia tai sitä puhtaampien tilojen ilmaa. Palautus-, siirto-, tai kierrätysilman käyttäminen ei myöskään saa aiheuttaa epäpuhtauksien haitallista leviämistä, näistä erityisesti mainitaan hajut. (Suomen säädöskokoelma 1009/2017.).

Taulukko 1. *Poistoilmaluokat Suomen säädöskokoelmaa (1009/2017, 13§ mukaillen.*

Luokka	Poistoilma sisältää
1	vain vähän epäpuhtauksia ja epäpuhtaudet ovat pääasiallisesti lähtöisin ihmisistä ja rakenteista
2	jonkin verran epäpuhtauksia
3	epäpuhtauksia, kosteutta, kemikaaleja tai hajuja, jotka oleellisesti huonontavat poistoilman laatua
4	huomattavasti pahanhajuisi tai epäterveellisiä epäpuhtauksia tai kemikaaleja

Lopuksi liikuntahallien IV-suunnittelussa on huomioitava seuraava rakennusmääräys. ”Rakennuksen ilman jaon ja poiston on oltava sellainen, että ilmaa virtaa koko oleskeluvyöhykkeelle välttämättä epäviihtyisyyttä aiheuttavaa ilman liikettä lukuun ottamatta tehostetun ilmanvaihdon tarvetta ja että huonetilassa syntyvät epäpuhtaudet poistuvat tehokkaasti” (Suomen säädöskokoelma 1009/2017, 17§, s. 6).

2.2.2 Sisäilmaluokitus 2018: Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset.

Viimeisin sisäilmaluokitus on julkaistu vuonna 2018. Luokitus korvasi edellisen, vuonna 2008 ilmestyneen version. Se on luotu toimimaan apuna suunnittelijoille, urakoitsijoille sekä rakennusteollisuudelle. Sisäilmaluokitus (2018) auttaa rakennuttajia sisäilman tavoite- ja suunnitteluarvojen avulla ja tukee työtä, jossa luodaan terveellistä, turvallista ja viihtyisää sisäympäristöä rakennuksiin. Sisäilmaluokituksessa sisäilma on jaettu kolmeen laatuluokkaan: S1-luokka on yksilöllinen sisäilmasto, S2-luokka on hyvä sisäilmasto ja S3-luokka on tyydyttävä sisäilmasto. Nimeän seuraavaksi Sisäilmaluokituksesta erityisesti ilman laatua ja sen jakotapoja koskevat suositukset.

Tilan ollessa S1-luokkaa on sen sisäilman laatu erittäin hyvä. Sisäilmaluokituksen (2018) mukaan tiloissa ei esiinny hajuja, eikä tiloissa ja niiden rakenteissa ole ilmanlaatua heikentäviä tekijöitä, kuten vaurioita tai muita epäpuhtauksien lähteitä. Lämpöolosuhteita pystytään yksilöllisesti säätämään, tilat ovat viihtyisät eikä vetoa tai yllämpenemistä havaita. S2-luokkaisen tilan sisäilman laatu ja lämpöolot ovat hyvät. Tiloissa ei yleisesti esiinny vetoa, mutta yllämpeneminen on kuumina kesäpäivinä mahdollista. S3 mukaisten tilojen olosuhteet täyttävät säädökset ja vähimmäisvaatimukset, mutta asetusten vaatimusten täyttäminen ei välttämättä edellytä S3-luokan tavoitearvojen käyttämistä. Sisäilmaluokkien merkittävimmät vaatimukset liikuntahalleille on koottu taulukkoon 2.

Taulukko 2. *Sisäilmaluokkien mitoitus- ja tavoitearvoja Sisäilmaluokituksen (2018) taulukkoa 2.4.3 mukaillen.*

Ulkoilmavirtojen normaalin käyttötilanteen mitoitusarvot:						
	S1-luokka		S2-luokka		S3-luokka	
	dm ³ /s, hlö	dm ³ /s, m ²	dm ³ /s, hlö	dm ³ /s, m ²	dm ³ /s, hlö	dm ³ /s, m ²
Liikuntahalli, urheilijat		2,5		2		2
Liikuntahalli, katsojat	10		8		6	
Sisäilman laadun tavoitearvot:						
Hiilidioksidipitoisuus [ppm] suurempi kuin ulkoilman	< 350		< 550		< 800	

2.2.3 Sisäliikuntatilojen LVIA-suunnittelu

Sisäliikuntatiloista on laadittu ohjekortti, jota LVI-suunnittelijat voivat hyödyntää suunnittelun ohjeena. Korttiin viitataan nimellä LVI 06-10600 Sisäliikuntatilojen LVIA-suunnittelu (jatkossa LVI 06-10600). Sen sisältö kuvaa olosuhdevaatimusten ja mitoitusohjeiden lähtötietoja sisäliikuntatilojen LVIA-järjestelmien suunnittelemista varten.

Hankesuunnitteluvaiheessa eli suunnitteluprosessin alkuvaiheessa tehdään sisäliikuntatilojen kannalta tärkeää LVIA-järjestelmävalintaa. Ohjekortti LVI 06-10600:n toinen luku esittää, että suunnittelijoiden on syytä syventyä erilaisiin päätöksentekomahdollisuuksiin jo hankesuunnitteluvaiheessa. Sisätilojen mitoituslämpötilojen valinnoissa huomioidaan liikuntahallin käyttö eri urheilulajeissa ja niiden vaatimukset. Onko esimerkiksi jäähdytykselle tarvetta vai saako sisälämpötila nousta kesäaikana säädöksien asettamissa rajoissa? Onko tilassa sisäilman kostutusta tarvitsevia pintamateriaaleja? Mitkä tilan monista käyttötarkoituksista otetaan huomioon, kun luodaan esimerkiksi eri lajien vaatimuksien mukaiset erityisolosuhteet? Mihin muuhun liikuntahallia mahdollisesti käytetään (koululiikunta, ottelutapahtumat, konsertit, jne.)?

Lisäksi on tarpeen pohtia, miten muuttuvat käyttötarpeet vaikuttavat LVI-tekniikkaan ja sen ohjaamiseen. Ohjekortti LVI 06-10600 nostaa esiin relevantteja näkökulmia ja kannustaa myös ajattelemaan kattavasti muun muassa lähiympäristöä. Ylijäämäenergian hyödyntäminen on yksi niistä merkittävistä tavoista, jolla LVI-suunnittelijat voivat osallistua energiankulutuksen vähentämiseen ja sen avulla ilmastomuutoksen hillitsemiseen.

Liikuntatilan sisälämpötilasta LVI 06-10600 ohjeessa on erillinen lajitaulukko, jonka avulla lämpötilaa koskevia päätöksiä voi tehdä lajiperustaisesti. Luonnollisesi lämmitysjärjestelmän valintaan ja sen suunnitteluun liittyy myös energiahintojen analyysit ja ennusteet sekä koko järjestelmän elinkaaren aikaisten kustannusten arviointi. Joka tapauksessa sisälämpötilan on oltava vähintään 18 °C, joka on alhaisempi kuin oleskelutilojen lämpötila.

Yleisinä periaatteina liikuntahallien ilmanvaihdon suunnittelussa voidaan pitää ohjekortti LVI 06-10600:n viidennen luvun seuraavia ohjeita. Sisäilman laadun on pysyttävä hyvänä ja tämän mahdollistamiseksi järjestelmän on poistettava epäpuhtauksia sisäilmasta riittävällä tehokkuudella. Tärkeänä suunnittelutoimenpiteenä pidetään myös liikuntahallin jakamista palvelualueisiin, jolloin kyseisen kaltaiset suuret tilat varustetaan omilla ilmanvaihdon koneyksiköillä. Tällaisina esimerkkeinä ohjekortissa mainitaan suuret liikuntahallit ja katsomotilat. Koneet voidaan jakaa omiin tiloihinsa käyttötavan, fyysisen sijainnin, käyttöaikojen sekä muiden vastaavien kaltaisten mukaan. Varsinkin energiatehokkuuden kannalta liikuntahallin tilat on varustettava tarpeenmukaisella ilmanvaihdolla.

Ilmanjakotavan valinta perustuu liikuntahallissa tapahtuvalle käytölle. Lisäksi jakotapaan vaikuttaa tilan lämmitysmuoto. Esimerkiksi "[s]yrjäyttävässä ilmanjakotavassa sisälämpötilaan nähden alilämpöinen tuloilma puhalletaan huonetilaan matalalla nopeudella tilan alaosan seiniltä tai lattianrajasta" (Ohjekortti LVI 06-10600, s. 4). Koska syrjäyttävä ilmanjako edellyttää, että tuloilma on alilämpöistä, tilaan tulee useimmiten suunnitella erillinen lämmitysjärjestelmä (Seppänen, 1996). Tämän vuoksi ilmalla lämmittäminen vaatii seikoittavaa ilmanvaihtotapaa.

Ilmanvaihdon mitoitukseen käytetään aina ensisijaisesti henkilömäärää. Henkilömäärän arviointi on hyvä tehdä jo varhaisessa vaiheessa suunnitteluprosessia. Mitoitusarvoja ilmanvaihtoon löytyy ohjekortin LVI 06-10600:n liitteestä 2 (ks. Taulukko 3). Liikuntahallien ilmanjaon toteutuksen valinta tehdään yleisesti sekoittavan ja syrjäyttävän ilmanvaihtojakotavan välillä. Useasti päädytään niiden yhdistelmään. Liikuntalajeista esimerkiksi sulkapallo, jonka peliväline on kevyt, on erityisen herkkä ilmannopeuksille. Tämä tosiasia on olennaista muistaa, kun tarkastellaan ilmannopeuksia myös oleskeluvyöhykkeen yläpuolella. Kuitenkin yleisesti liikuntahallien ilmanvaihdon suunnittelu monien eri lajien vuoropuhelussa edellyttää suunnittelijalta luovuutta sekä kykyä tehdä kompromisseja erilaisten käyttötarkoitusten välillä. Suurissa liikuntahalleissa, jotka lämmitetään tuloilman avulla, varustetaan ilmanvaihtokone kierrätysmahdollisuudella. Tämä mahdollistaa riittävän puhallusnopeuden ilman sekoittamiseen. Kierrätysmahdollisuudella luodaan suuria energian säästöjä, kun

hallin varsinainen ulkoilman tarve on varsinaisen käyttötarpeen mukaan pieni. (LVI 06-10600.)

Taulukko 3. Valikoidut lajikohtaiset mitoitusarvot LVI 06-10600

Sisäliikuntatilojen LVIA-suunnittelu -ohjekortin liitteen 2 mukaisesti.

Laji	rytmisen voimistelu	futsal	salibandy	lentopallo	sulkapallo
Kuormitustaso (MET)	4-8	5-10	5-10	3-6	3-8
Tuloilmamäärä (q_{IV}/m^2)	4	2	2	2	2
Tuloilmamäärä ($q_{IV}/hlö$)	25	30	30	25	25
Ilman nopeus (m/s)	0,2	0,2	0,2	0,2	< 0,1
Suhteellinen kosteus (%/RH)		35-60		35-60	
Tavoitelämpötila (°C)	18-20	20-21	17-18	17-18	17-20
Lämpötilavaatimus (°C)				16-25	
CO ₂ -pitoisuus (max ppm)	1200	1200	1200	1200	1200
HUOM!	Rytminen voimistelu: - Korkeat ilmannooudet saattavat vaikuttaa nauhan lentorataan				
	Sulkapallo: - Ilman nopeus koko sulan lentoalueella < 0,1 m/s				

Harvinaisemmissa tapauksissa halleihin suunnitellaan sisäilman kosteutus tai jäähdytys. Syy, miksi kosteutta päädytään hallitsemaan, voi olla esimerkiksi tilan herkäät materiaalit. Sisäilmakosteuden hallinta edellyttää aina ilmanvaihtojärjestelmään suunniteltavaa tuloilman kostuttamista ja kuivausta. Nämä prosessit vaativat kuitenkin paljon energiaa ja siitä syystä kosteutus- ja jäähdytystarpeita pyritään suunnittelussa hallitsemaan muilla keinoilla. Jäähdytyksen tarvetta pyritään välttämään ensisijaisesti arkkitehtuurin ja rakennesuunnittelun avulla. Edullisin tapa huolehtia tilan lämpötilasta on pelkän tuloilman jäähdyttäminen, mutta se harvemmin riittää kattamaan kuumien kesien aikaansaaman, niin sanotun huipputehotilanteisen vaatimuksen jäähdytysteholle. (LVI 06-10600.)

Ohjekortti LVI 06-10600:n luku 12 ohjeistaa liikuntatiloista poikkeavien muiden tilojen suunnittelua. Katsomoissa ilmamäärät nousevat helposti suuriksi sillä niissä voi olla jopa 1,5–2 henkilöä neliometriä kohden. Tästä syystä katsomon ilmanvaihto on monta kertaa suurempi kuin itse liikuntatilan. Suurten katsomoiden tuloilmakone on myös hyvä varustaa kierrätysmahdollisuudella. Ilman laatua ja ulkoilman määrää ohjataan tällöin poistoilmavirran hiilidioksidipitoisuuden avulla. Suuret katsomotilat omaaviin halleihin on suositeltavaa suunnitella ja rakentaa ilmanvaihdon automaatio. Automaatio

käynnistää ottelutapahtuman aikaisen tilan, jossa järjestelmä ottaa käyttöön tehostetun ilmanvaihdon kapasiteetin niin sanotussa kilpailukäytössä.

2.2.4 Kumotun D2/2012 eroavaisuudet Suomen säädöskokoelmaan 1009/2017

Tässä tutkimuksessa tarkasteltavat tapausesimerkit on suunniteltu Suomen rakennusmääräyskokoelma D2/2012 mukaan. Vuonna 2017 D2/2012 kumottiin ja korvattiin vuoden 2018 alusta Suomen säädöskokoelma 1009/2017.

Suomen säädöskokoelmassa 1009/2017 on päätetty luopua kokonaan ohjeista ja suurin osa niistä on muutettu määräyksiksi. Säädöskokoelmassa on luovuttu myös D2/2012 tavasta mainita yleisesti standardi, johon määräys ja ohje perustuivat. Havaintoni säädöskokoelman asetusten ja D2:n välisistä eroista on, että D2 sisältää määräysten lisäksi useita kuvaajia ja taulukoita verrattuna nykyisiin asetuksiin (ks. myös Andersin, 2019). Alla esittelen analyysini siitä, millä tavalla liikuntahallien ilmanvaihtosuunnittelu on muuttunut uusien säädösten voimaan astumisen jälkeen.

D2:ssa kaikki huonelämpötilat olivat ohjeita, kun säädöskokoelman asetuksissa suunnitteluarvoksi määrätään 21 °C. Lämpötilan suunnitteluarvon määräyksestä saa perustellulla syyllä poiketa. D2 sisälsi lisäksi taulukon tilakohtaisista ohjearvoista, jotka poikkesivat normaalista lämpötilasta (D2/2012, s. 6, Taulukko 1). Kyseinen D2:n taulukko ohjeisti muun muassa liikuntahallin huonelämpötilaksi 18 °C. Nykyisin vastaavat suunnitteluarvot lajeittain löytyvät ohjekortti LVI 06-10600:n liitteestä 2.

Liikuntahalleja koskeva selkeä muutos D2/2012:n ja Suomen säädöskokoelman 1009/2017 uusien asetusten välillä on ilman epäpuhtauksia koskevat määräykset. Asetukset määrittävät sisäilman laadusta seuraavasti: siinä ei saa olla todettavissa epäpuhtauksia ja hajuja, ja hiilidioksidin hetkellinen pitoisuus käyttöaikana saa olla 1450 mg/m³ (800 ppm) suurempi kuin ulkoilman pitoisuus. D2 ohjeisti suunnitteluarvoksi 2160 mg/m³ (1200 ppm), joka oli ulkoilman hiilidioksidipitoisuudesta riippumaton. Sekä Suomen säädöskokoelman asetus

että D2 määrittävät ilman jaosta, että se on suunniteltava oleskeluvyöhykkeelle vedottomaksi, mutta säädöskokoelma sallii ilmanvaihdon tehostamisesta johtuvan viihtyvyyden tason laskun.

2.3 Ilmanjakotavat

Tässä luvussa käsittelen ilmanjakotapoja kahdesta eri näkökulmasta: matalien ja korkeiden liikuntahallien sekoittavan ja syrjäyttävän ilmanjaon näkökulmasta. Ohjekortti LVI 06-10600:n mukaan sisäliikuntatiloista mataliksi luetaan tilat, joiden vapaa korkeus on alle viisi metriä. Kun vapaa korkeus on 5–12 metriä, liikuntatila pidetään korkeana. Urheilukäyttöön tarkoitettujen matalien tilojen suunnittelu on saman tyyppistä kuin oleskelutilojen suunnittelu, joten suunnittelijan on mahdollista hyödyntää tietoa sovelletusti. Sovelletulla tiedolla tarkoitan sitä, että urheilukäyttöön tarkoitettut tilat ovat kuitenkin pinta-alaltaan aina tavanomaisia oleskelutiloja suurempia.

Ohjekortti LVI 06-10600:n mukaan korkeissa liikuntatiloissa sisäilma kerrostuu pystysuuntaan. Kerrostuminen johtuu sisäilman lämpötilaeroista, joka onkin huomioitava suunnittelutyössä. Suunnittelijalla on sekä matalien että korkeiden liikuntatilojen piirtämisessä mahdollisuus valita joko sekoittava tai syrjäyttävä ilmanjako. Valinta kannattaa tehdä hyvällä harkinnalla, sillä vaikka matalissa liikuntatiloissa kumpi tahansa ilmajakotavoista on toimiva, se ei sitä välttämättä ole korkeissa liikuntatiloissa.

Jos liikuntahalliin valitaan syrjäyttävä ilmanjako, voi se tuottaa ongelmia suunnitteluun, koska seinille sijoitetaan tuloilmalaitteet. Laitteiden on pystyttävä tuottamaan suuria puhallusnopeuksia, jotta suuren pinta-alan omaava liikuntatila –erityisesti sen keskiosa– saa nauttia myös riittävästä ilman vaihtuvuudesta. Ongelmallisuus syntyy kokemuksellisuudesta, sillä tilan seinien lähellä olevat katsojat voivat tuntea ikävää vedontunnetta syrjäyttävän ilmanjaon seurauksena.

Syrjäyttävässä ilmanvaihdon jakotavassa luodaan tilaan puhtaamman tuloilman vyöhyke tilan varsinaiselle käyttöalueelle. Yleisesti pienillä nopeuksilla puhallettava tuloilma luo tilaan vyöhykkeen –oleskeluvyöhykkeen–, jossa on

selvästi muuta tilaa puhtaampaa ilmaa. Lisäksi Ohjekortti LVI 05-10417 (jatkossa LVI 05-10417) rakennusten sisäilmaston suunnitteluperusteista mainitsee rakennusten sisäilmastosta, että lämpenevän ilman konvektiovirtaukset nostattavat epäpuhtaudet huoneiden yläosiin. Tällöin huoneiden korkeimmissa kohdissa ilma on likaisempaa kuin ilma, joka on hengitysvyöhykkeellä. ”Epäpuhtaudet nousevat lämpenevän ilman konvektiovirtausten myötä huoneen yläosaan. Hengitysvyöhykkeelle saadaan selvästi puhtaampaa ilmaa kuin huoneen yläosan likaiselle vyöhykkeelle” (s. 16).

Ohjekortti LVI 06-10600 kertoo, että sekoittava ilmanjakotapa sopii molempiin liikuntatilatyyppeihin. Jälleen korkeat liikuntahallit vaativat kuitenkin tarkkaa suunnittelua myös kyseisen jakotavan osalta. Ilman puhallusnopeuksien on oltava suuret, sillä se takaa ilman sekoittumisen tilassa. Huomiota on annettava suunnitelluille oleskelualueille eli tuloilmasuihkuja ei tulisi suunnata tilassa niin, että ilman virtausnopeudet ylittävät suositusten mukaiset nopeudet. Tavoitteena on luonnollisesti ilman tasainen sekoittuminen. LVI 05-10417:n mukaan ”[t]uloilma sekoittuu sisäilmaan, kun se johdetaan huoneeseen suihkumaisesti suurella nopeudella tuloilmalaitteesta. Sisäilma imeytyy tuloilmasuihkuun ja sekoittuu siihen nopeasti” (s. 16). Sekoittavassa ilmanjakotavassa tuloilma voi olla joko lämmitettyä tai jäähdytettyä. Tästä johtuen se soveltuu tiloihin, joiden lämmitys tai jäähdytys on suunniteltu suoritettavaksi ilmalla.

3 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN

3.1 Tutkimuksen tavoite

Tässä opinnäytetyössä selvitän kahden tapausesimerkin avulla liikuntahalleiksi suunniteltujen tilojen ilmanvaihtoa. Työssä vertaan halleissa käytettyjä ilmanjakotapoja ja tarkastelen, millä tavoin tutkimuskohteissa on pyritty luomaan toimiva ilmanvaihto, joka vastaa liikuntahallien monipuolisia käyttöfunktioita.

3.2 Tutkimuskohteet Vexve Areena ja Tahto Areena

Valitsin tutkimukseen kaksi samankaltaista liikuntahallia: Vexve Areena Sastamalassa ja Liikuntahalli Tahto Areena Huittisissa. Molemmissa kaupungeissa oli päätetty rakentaa uudet liikuntahallit vastaamaan paikallisten urheiluseurojen kasvaviin tarpeisiin. Tutkimuskohteina olevissa halleissa kilpaillaan Suomen mestaruustasolla muun muassa kolmessa eri lajissa.

Vexve Areena valmistui vuonna 2012. Areena on SASKY-koulutusyhtymän omistama ja se sijaitsee Vammalan ammattikoulun vieressä Ratakatu viidessä. Sen ilta ja viikonloppukäyttö on varattu Sastamalan kaupungille 20 vuodeksi (Alueviesti 7.9.2012). Sastamalan kaupunki on puolestaan vuokrannut tiloja eteenpäin urheiluseuroille. Muun muassa VaLePa lentopallojoukkue pitää Vexve Areenaa harjoitus- ja otteluhallinaan.

Vexve Areena on mahdollista jakaa kolmeen samankokoiseen lohkokoon. Kiinteitä katsomopaikkoja hallissa on noin 900 henkilölle. Katsomopaikat jakaantuvat yläparvelle ja liikuntahallin lattian tasoon. Lisäksi parven katsomopaikat ovat siirrettävissä etureunaan, jolloin katsomoiden taakse voidaan luoda tila juoksusuoralle, hyppy- ja heittopaikalle.

Liikuntahalli Tahto Areena Huittisissa valmistui vuonna 2019. Tahto Areena on Huittisten kaupungin oma liikuntapaikka. Halli rakennettiin Huhkolinnan urheilutalon ja Huittisten uimahallin väliselle tontille Kirjatie kahteen. Sen tarkoitus

on korvata huonokuntoisuutensa vuoksi purettavaksi päätetty Huhkolinna ja päivittää liikuntapaikkatarpeita Huittisissa (Yle 5.4.2016). Hallin pääasiallinen käyttö painottuu Suomen mestaruustasolla pelaavien lentopallo-, salibandy- ja futsalseuroille (Vikberg, 2017).

Tahto Areena voidaan jakaa neljään lohkoksi, joista viimeinen lohko on tarkoitettu palloilulajien sijasta enemmän voimisteluun. Kiinteitä katsomopaikkoja liikuntahallissa on 412 henkilölle. Kuvassa 1 on Tahto Areenan katsomo, joka on parvikatsomo ja se koostuu 292 istumapaikasta ja 120 seisomapaikasta. Siirtokatsomoiden avulla katsojamäärä voidaan nostaa 660 henkilöön (Vikberg, 2017). Hallissa on myös heittopaikka, kaksi juoksusuoraa ja hyppypaikka.

Kuva 1. Tahto Areenan katsomot.



Kuva: Mila Viljanen, 4.12.2019.

Kokojensa puolesta molemmat liikuntahallit soveltuvat myös yleisötapahtumien, kuten messujen tai konserttien järjestämiseen. Tällöin käyttäjämäärät voivat vaihdella yhden lohkon 10 käyttäjästä aina suuren yleisötapahtuman 1000

käyttäjään. Halleihin on myös mahdollista lisätä katsomopaikkoja liikuteltavilla siirtokatsomoilla.

Molemmissa kohteissa harrastetaan useita eri urheilulajeja. Aamuisin voi yksittäisillä lohkoilla olla koululiikuntaa ja iltapäivisin yleensä alkaa erillinen harrastetoiminta. Vexve Areena on arki-aamuisin omistajansa SASKY-koulutusyhtymän käytössä. Sastamalan kaupungin kanssa solmimansa vuokrasopimuksen mukaisesti arki-illat ja viikonloput ovat seurojen käytössä. Tahto Areenan liikuntatilat ovat Huittisten kaupungin koulujen käytössä arkisin kello 8–16 ja kello 16 eteenpäin vuorot on varattu seuroille (Huittisten kaupunki, 2019).

Molemmat kohteet ovat suunniteltu vuonna 2017 kumottujen rakennusmääräysten (D2/2012) mukaan. Seuraavassa luvussa kuvaan, miten toteutin tutkimuskohteiden eli kahden liikuntahallin piirustusten analyysin.

3.3 Aineiston kerääminen ja analyysi

Tarkoituksenmukainen tutkimusaineisto opinnäytetyöhön koostui molempien tutkimuskohteiden suunnittelumateriaalista. Ensin lähestyttiin Vexve Areenan omistaja SASKY-koulutusyhtymän kiinteistöpäällikköä, Pertti Jalosta, sähköpostitse 22.3.2017. Häneltä saatiin LVIA-piirustukset kokonaisuudessaan käyttöön. Lisäksi opinnäytetyön tekijä on toiminut kohteen suunnittelijan Markku Rothin alaisuudessa useamman vuoden ajan (Sähköpeko Oy). Tekijällä oli mahdollisuus keskustella Rothin kanssa Vexve Areenasta tehdyistä analyyseistä.

Huittisten liikuntahallin ilmanvaihtopiirustuksista oltiin yhteydessä Huittisten kaupungin kiinteistöpäällikköön Teemu Nurmiseen. Käytettäväksi saatiin Tahto Areenan Ilmanvaihtopiirustukset 11.11.2019. Tahto Areenan ilmanvaihtosuunnittelua käsittelevä Matias Vikbergin (2017) opinnäytetyö monitoimisalın ilmanvaihdon suunnittelusta antoi lisäksi tietoa kohteen ilmanvaihdon suunnittelussa tehdyistä valinnoista.

IV-piirustusten analyysissä hyödynnettiin Kydata Oy:n CADS Hepac -ohjelmistoa. Ohjelmiston avulla analysoitiin drw- ja dwg-tiedostomuotoiset aineistot. Osaa piirustuksista tutkittiin pdf-muotoon tulostetuista tiedostoista. Ensin kartoitettiin hallien kokonaisilmamäärät, jonka jälkeen siirryttiin selvittämään tarkemmin, miten ja millä tavalla ilmanvaihto oli liikuntahalleihin suunniteltu. Viimeisenä tutkittiin ja selvitettiin, miten hallien muunneltavuus on vaikuttanut ilmanvaihtojärjestelmään ja sen automaatioon.

Vertailun luotettavuutta pyrittiin lisäämään kirjaamalla havainnot systemaattisesti erillisiin tiedostoihin. Lisäksi kun paikannettiin tuloilmalähteet toisesta liikuntahallista, etsittiin välittömästi vastaava lähde vertailuhallista. Näin tavoiteltiin varmistusta sille, että tulokset ovat keskenään vertailukelpoisia ja johtopäätökseni pitäviä.

4 TULOKSET

4.1 Liikuntahalli Vexve Areena

Vexve Areenan suunnittelun perusteina on ollut rakennusmääräysten täyttäminen ja erityisesti Sisäilmastoluokitus 2000. Tilaaja oli määrittänyt sisäilmastoluokaksi S2, mutta todellisuudessa rakennus sijoittuu kohteen LVI-työselityksen mukaan luokkien S1 ja S2 välimaastoon.

Kokonaisilmamäärä liikuntahallissa on tuloilman osalta 8900 l/s ja poistoilman osalta 9600 l/s. Liikuntahallin ilmanvaihto on suunniteltu toteutettavaksi yhdellä pelkästään liikuntahallin ilmanvaihtoon keskittyvällä koneella. Ilmanvaihtokone on suunniteltu lämmitys- ja jäähdytyspattereilla, pyörivällä lämmöntalteenotolla ja kiertoilmapellillä.

Liikuntahallin kokonaishenkilömääräksi on määritelty noin 2000 henkilöä aulatilat mukaan lukien. Salin istumapaikat sijaitsevat ensimmäisessä kerroksessa ja niitä on merkitty 298 henkilölle. Toisessa kerroksessa eli liikuntahallin yläparvella istumapaikkoja on 593 henkilölle. Istumapaikkoja katsomoissa on yhteensä 891 ilman erillisiä lattian tasoon sijoitettavia, liikuteltavia irtokatsomoita tai tuoleja. Salin katsomoiden takaa tuloilmaa puhalletaan 900 l/s ja liikuntahallin katosta 8000 l/s. Liikuntahallin poistoilma otetaan kokonaisuudessaan hallin katosta (9600 l/s). Taulukkoon 4 on koottu Vexve Areenan ilmamäärät.

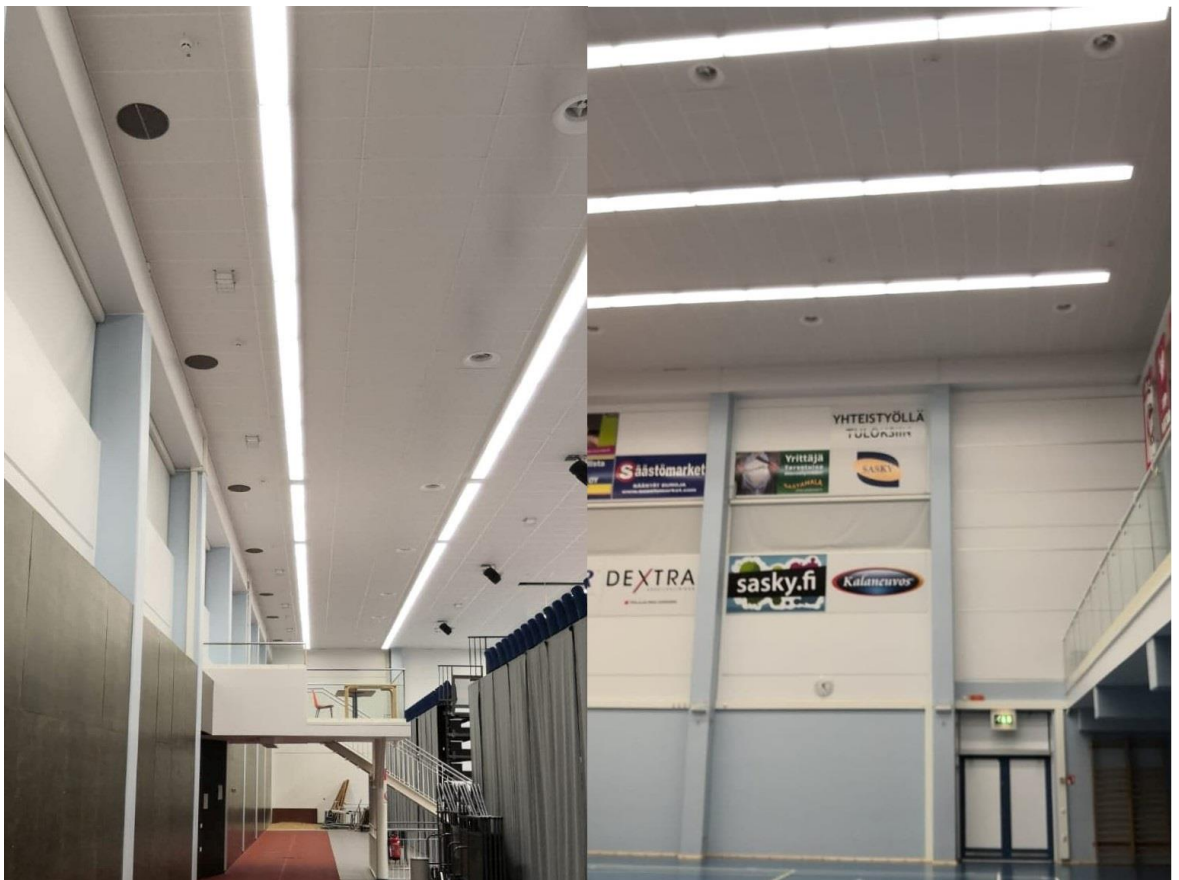
Taulukko 4. *Vexve Areenan ilmamäärät.*

	Yhteensä	Liikuntahallin katto	Salin katsomo
Tuloilma (l/s)	8900	8000	900
Poistoilma (l/s)	9600	9600	0

Pääilmanjakotapa Vexve Areenassa on sekoittava. Sekoittavaan ilmanjakotapaan on päädytty, koska liikuntahallia lämmitetään sekä jäähdytetään ilmalla ja se on vaikuttanut myös päätelaitteiden valintaan. Liikuntahallin katossa sijaitsevat neljään riviin tasaisesti jaotellut tuloilman päätelaitteet. Päätelaitteiksi on suunnittelussa valikoitunut Climecon:n RIF-M-215+PTR+SAM säädettävä pyörrehajottaja, joita on yhteensä 32 kappaletta. Ilmamäärä on 250 l/s/kpl.

Syrjäyttävää ilmanvaihtoa on käytetty liikuntahallin lattian tasossa yläkatsomon parven alla, jossa tuloilma puhalletaan katsojien takaa seinästä. Päätelaitteiksi salin katsomopaikoille on suunniteltu Climeconin MIS-1-200 seinäsuutinhajottaja, joita on 15 kappaletta. Ilmamäärä on 60 l/s/kpl. Poistoilma tapahtuu liikuntahallin katoon sijoitetuilla imukartioilla (400mm), joissa on suojaverkot. Poistoilmana yhdessä imukartiossa on -600 l/s ja niitä on suunniteltu 16 kappaletta. Imukartiot on sijoitettu kahteen riviin parvikatsomon puoleiselle hallin puolikkaalle/sivulle. Vexve Areenan päätelaitteita on havainnollistettu kuvissa 2 ja 3.

Kuva 2. Vexve Areenan Lohko 1:n kattoon asennettuja päätelaitteita.



Kuva: Markus Kaurto, 4.12.2019.

Kuva 3. Vexve Areenan syrjäyttävän ilmanvaihdon päätelaitteet.



Kuva: Markus Kaurto, 4.12.2019.

Parven katsomoiden päällä ei varsinaisesti ole kuin yksi rivi tuloilman päätelaitteita, mutta poistoilman imukartioiden sijainti katsomo-osan yläpuolella aiheuttaa puhtaamman ilman virtauksen katsomoa kohti. Näin taataan katsomosta parempi epäpuhtauksien ja lämmön poisto ottelutapahtumien aikana, kun yleisöä on enemmän paikalla.

Liikuntahallissa oleskeluvyöhykkeellä sijaitsee ilmanvaihtokoneen automaatiota ohjaavia lämpötila- ja hiilidioksidiantureita. Lämpömittareiden keskiarvolämpötilan avulla säädetään tuloilman lämpötilaa. Tuloilman lämpötilalle on asetettu minimi- ja maksimiarvot (15/28 °C). Sääto ohjaa sarjassa suhteellisesti jäähdytysventtiiliä, kiertoilmapeltiä, LTO:n kierrosnopeutta ja lämmitysventtiiliä. Ilmamäärien ollessa suuret energiaa kuluu jatkuvasti suurten ilmamäärien lämmittämiseen tai jäähdyttämiseen, jos käytettäisiin ainoastaan raitista ulkoilmaa. Tämän vuoksi ilmanvaihtokone on varustettu kiertoilmapellillä, joka mahdollistaa liikuntahallin sisäilman kierrättämisen. Kierrätystä tapahtuu, jos liikuntahallin sisäilmanlaatu sen mahdollistaa.

Hiilidioksidipitoisuuden maksimiarvo pidetään aseteltavassa asetusarvossaan (600-1000 ppm) säätämällä kiertoilmanmäärää kiertopellin avulla. Hiilidioksidipitoisuudelle ohjelmoidaan omat asetusarvonsa aktiivi- ja seisokkijaoille. Kiertoilmapellin asennon säädöistä määräävämpi on olosuhteisiin perustuva säätö.

Tuloilman pyörrehajottimet on varustettu toimilaitteella, joka muuttaa hajottimien puhalluskulmaa säätöohjelman mukaan. Lämmitäessä kuvio on mahdollisimman pystysuora ja jäähdyttäessä päinvastoin vaakasuora. Liikuntahallin katon tuloilman päätelaitteet on jaoteltu hallin lohkojen mukaan automaatiolla ohjattavaksi. Jokaiselle liikuntasalin osalle on kolme tapahtumaohjelmaa, joiden mukaan pyörrehajottimien puhalluskulmaa muutetaan säätöohjelmasta poiketen. Lisäksi koko liikuntahallin käytölle on määriteltävissä kolme tilaa, jotka ohittavat muut ohjaukset. Säätöohjelmat on esitelty taulukossa 5.

Taulukko 5. *Vexve Areenan pyörrehajottimien säätöohjelmat.*

	Käyttö	Puhalluskulma
Lohkoittain	1. Muu käyttö	Säätöohjelman mukaisesti
	2. Sulkapallo	Puhaltavat sivuille
	3. Lentopallo	Seinien viereiset hajottimet puhaltavat alas ja liikuntasalin jaetun osan poikittain katsottuna keskellä olevat hajottimet puhaltavat sivuille
Koko liikuntahalli	1. Muu käyttö	Säätöohjelman mukaisesti
	2. Konsertti	Kaikki hajottimet puhaltavat alas
	3. Lentopallo	Kaikki hajottimet puhaltavat sivuille

Lisäksi ilmanvaihtokoneeseen on ohjelmoitu yökäyttötoiminnot. Talviaikana yökäytöllä lämmitetään ja kesäaikana tuuletetaan. Säätöohjelmassa on määritelty kesä- ja talvikuukaudet ja ne voidaan myös estää ohjelmassa. Yölämmitys käynnistetään talviaikana, jos liikuntahallin keskiarvolämpötila laskee alle asetetun minimilämpötilan. Lämmityksen aikana tuloilmapuhallin on käynnissä ja poistoilmapuhallin on seis. Sekä raitisilma- että jäteilmapellit ovat suljettuina ja kiertoilmapelti on täysin auki. Sisäänpuhalluslämpötila pidetään yölämmitys-asetusarvossaan lämmityspatterin venttiilin avulla. Kesäaikana yökäytöllä on yötuuletustoiminto, kun ulkolämpötila ylittää 10 °C. Yötuuletustoiminnossa liikuntahallia jäähdytetään 100-prosenttisella raitisilmalla,

jos ulkolämpötila on riittävän alhainen sisälämpötilaan verrattuna, ja jos liikuntahallissa on jäähdytystarvetta.

4.2 Liikuntahalli Tahto Areena

Tahto Areenan käyttötilaselvityksestä käy ilmi, että liikuntahallin käyttö painottuu muille kuin kesäkuukausille. Tästä syystä suunnittelussa on päädytty Vikbergin (2017) mukaan rajaamaan sisäilmaluokat ulkolämpötilajohdannaiseksi. Kun ulkolämpötila pysyy alle 15 °C, sisäilmastoluokka pysyy S2-luokassa. Ulkolämpötilan ylittäessä 15 °C rajan luokka muuttuu S3:ksi.

Kokonaisilmamäärä liikuntahallissa on tuloilman osalta 11216 l/s ja poistoilman osalta 10496 l/s (Taulukko 6). Liikuntasalin lohkojen 2, 3 ja 4 ilmanvaihto suoritetaan ilmanvaihtokone TK01:llä, ja parvikatsomon ja lohkon 1 ilmanvaihdosta vastaa ilmanvaihtokone TK02. Ilmanvaihtokone TK01 on suunniteltu lämmityspatterilla, pyörivällä lämmöntalteenotolla ja kiertoilmapellillä. Ilmanvaihtokone TK02 on suunniteltu lämmityspatterilla ja pyörivällä lämmöntalteenotolla.

TK02 vaikutusalueeseen kuuluu edellä mainittujen liikuntahallin osien lisäksi rakennuksessa sijaitseva ryhmäliikuntatila. Liikuntahallin monitoimitilan kokonaishenkilömäärä on 1320 henkilöä ja lisäksi parvikatsomossa on tilaa 412 henkilölle. Nämä tiedot perustuvat Vikbergin (2017) mukaan suunnittelijoiden saamiin lähtötietoihin. Koko liikuntahallin ilmanvaihto suoritetaan hallin kattoon asennetuilla ilmanvaihdon päätelaitteilla.

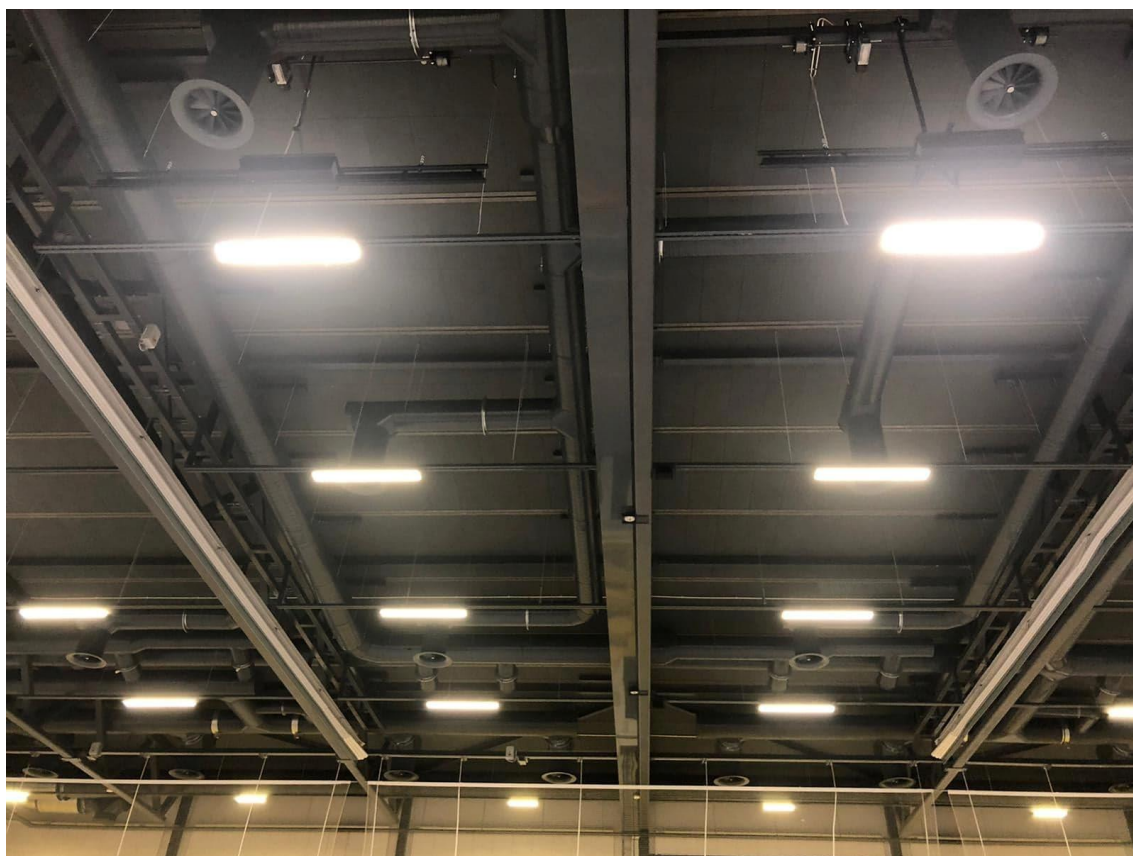
Taulukko 6. *Tahto Areenan ilmamäärät.*

	Yhteensä	Lohko 1	Lohko 2	Lohko 3	Lohko 4	Katsomo A	Katsomo B
Tuloilma (l/s)	11216	1980	1980	1980	1980	1696	1600
Poistoilma (l/s)	10496	1980	1980	1980	1980	1290	1286

Tahto Areenan ilmanjakotapa on sekoittava. Valintaan on varmasti päädytty, koska hallia lämmitetään ilmalla, ja sekoittavalla ilmanjakotavalla saadaan lämmitykseen vaadittavat suuret ilmamäärät parhaiten toteutettua. Myös Vikberg (2017, s. 19) toteaa, että "[s]ekoittava ilmanjako on tähän kohteeseen paras

vaihtoehto ja sen toteutukselle ei ole estettä.” Liikuntahallin kattoon jaotellut tuloilman päätelaitteet on sijoitettu symmetrisesti lohkoittain, ja parvikatsomon päätelaitteet ovat yhdessä rivissä katsomon yllä (Kuva 4). Päätelaitteen malliksi on suunnittelussa valikoitunut Fläktwoods:n ODZA säädettävä pyörrehajotin. Parvikatsomon päätelaitteet ovat kokoa 630mm ja niitä on kahdeksan kappaletta. Ilmamäärä on 412 l/s/kpl. Liikuntasalin tuloilman päätelaitteet ovat kokoa 500 mm ja niitä on 24 kappaletta, kuusi per lohko, ja ilmamäärä on 330 l/s/kpl.

Kuva 4. Tahto Areena katon päätelaitteita ja ilmanvaihtokanavia.



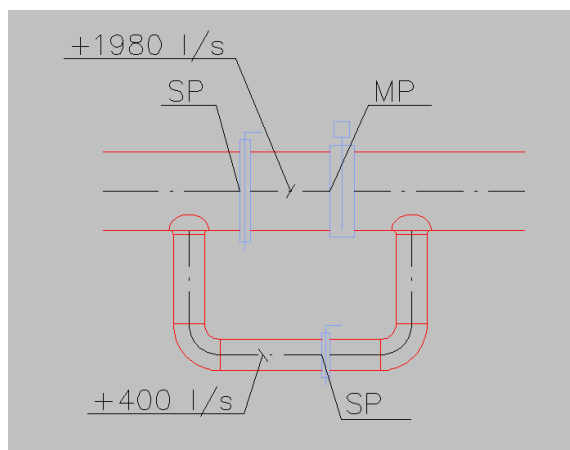
Kuva: Mila Viljanen, 4.12.2019.

Poistoilman päätelaitteet sijoittuvat yhteen riviin liikuntahallin katsomon puoleiselle sivulle ja parvikatsomon poistoilma on toteutettu katsomon yläpuolelta ulkoseinän vierestä. Päätelaitteeksi poistoilmalle on suunniteltu Fläktwoods:n EHI, joka rakentuu imukartion, äänenvaimentimen sekä IRIS-mittaus- ja säätölaitteen kokonaisuudesta. Liikuntahallin poistoilman päätelaitteet ovat kokoa 400 mm ja niitä on suunniteltu yhteensä 16 kappaletta, neljä per lohko, ja ilmamäärä on 495 l/s/kpl. Parvikatsomon päätelaitteet ovat kokoa 630 mm ja niitä on kaksi kappaletta. Ne sijaitsevat katsomon eri päädyissä ja ilmamäärät ovat 1290 l/s ja 1286 l/s.

Liikuntahallissa ja parvikatsomossa on molemmissa omat erilliset lämpötilan ja ilmanlaadun mittalaitteet. Rakennusautomaatio ohjaa mittalaitteiden antamien tietojen avulla tuloilman päätelaitteiden heittokuvioita. Lämmitysasennossa ilmavirta on viuhkamaisesti alaspäin ja jäähdytysasennossa suoraan sivulle. Tämä heittokuvion muutos tapahtuu tilan lämmitys- tai jäähdytystarpeen mukaisesti. Tilaa lämmitettäessä sisään puhallettavan ilman lämpötila on 24 °C ja jäähdyttäessä 16 °C (Vikberg, 2017). Vikberg mainitsee myös, että ”[u]lkolämpötilan noustessa yli 15 °C, sisälämpötilalle ei ole asetettu rajaa, eikä kohteessa ole tästä syystä erillistä jäähdytystä, vaan tuloilman lämpötila riippuu ulkolämpötilasta” (s. 9–10).

Liikuntahallin lohkojen 2, 3 ja 4 ilmanvaihdosta vastaava ilmanvaihtokone TK01 on varustettu kiertoilmapelillä, jolla mahdollistetaan energian säästäminen sisäilmaa kierrättämällä, kun ilmanlaatu sen sallii. Liikuntahallin lohko 1:n ja parvikatsomon ilmanvaihdosta vastaava TK02 mahdollistaa ilmamäärän tiputtamisen lohko 1:ssä 400 litraan sekunnissa ja parvikatsomossa 660 litraan sekunnissa. Tämä ilmamäärän pienentäminen tapahtuu siten, että tuloilmakanavaan suunniteltu automaation ohjaama moottoripelti suljetaan. Moottoripellin sulkeminen ohjaa tuloilman pienempään tuloilmakanavaan, jonka ilmamäärä on säädetty pienemmäksi (Kuva 5). Ilmanvaihtokone TK02:n poistoilmakanavat on varustettu ilmamääräsäätimillä, joilla poistoilman määrää voidaan säätää tuloilman mukaan. Vikberg (2017) käyttää esimerkkinä sulkapallon peluutilannetta, jossa ilmanvaihto voidaan säätää minimiteholle siinä erillisessä lohossa, jossa peliä pelataan. Tällä tavoin koitetaan välttää ilmanvaihdon mahdollisesti aiheuttamat häiriöt.

Kuva 5. Tahto Areenan tuloilman pienentämisen mahdollistava kanavointi.



5 DISKUSSIO

5.1 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää liikuntahalleiksi suunniteltujen tilojen ilmanvaihtoa. Tavoitteeseen päästiin vertaamalla kahta tapausesimerkkiä: Vexve Areenaa ja Tahto Areenaa. Molempien hallien pääasiallinen käyttötarkoitus on kaupungin urheiluseurojen ja kilpajoukkueiden harjoittelu ja pelaaminen. Lisäksi koulut, harrastusryhmät ja yleisötapahtumat hyödyntävät halleja.

Vexve Areenan ja Tahto Areenan yhteenlasketut kokonaisilmamäärät näyttävät ensisilmäyksellä poikkeavan huomattavasti toisistaan, sillä Vexve Areenan tuloilmamäärä on 8900 l/s ja Tahto Areenan 11216 l/s. Todellisuudessa Tahto Areenan tilaa mitoittavana henkilökuormana on käytetty 1320 henkilöä, joka on yleisötapahtumista suurimman eli konsertin henkilökuorma (ks. Vikberg, 2017). Näin ollen säädösten mukaisella tuloilman suunnitteluarvolla 6 l/s/henkilö Tahto Areenan tuloilman kokonaismäärä konserttitilanteessa onkin 7920 l/s. Kun liikuntatilojen ilmamääriä verrataan, kannattaa aina käyttää tilan kuormittavimman henkilömäärän määrittävää tilannetta ja sen mukaisia ilmamääriä.

Molempien liikuntahallien ilmanjakotavaksi on valikoitunut sekoittava ilmanjakotapa. Ohjekortti LVI 05-10417 mainitsee sekoittavan ilmanjakotavan soveltuvan tiloihin, joita lämmitetään ja jäähdytetään ilmalla. Sekoittava ilmanjakotapa sopii myös tiloihin, joissa päätelaitteet saattavat aiheuttaa häiriöitä kalustettavuudelle. Koska sekoittavassa ilmanjakotavassa päätelaitteet ovat asennettavissa kattoon, ei siitä aiheudu liikuntahallissa haittaa urheilulajien harjoittamista. Yllä mainituista syistä sekoittava ilmanjakotapa on osoittautunut tutkimuksen kohteena olevien hallien käyttötarkoituksia vastaavaksi.

Sekoittavan ilmanvaihtotavan valinta rajaa merkittävästi tuloilman päätelaitteiden valintaa. Vexve Areenan ja Tahto Areenan tuloilman päätelaitteiksi on suunniteltu säädettävät pyörrehajottimet. Molempien liikuntahallien pyörrehajottimet

säätyvät automaation mukaisesti toimilaitteiden avulla. Tuloilman päätelaitteet on sijoitettu liikuntahalleissa tasaisesti. Tasainen sijoittelu takaa ilman hyvän sekoittumisen (Seppänen, 2004) ja se luovat sekoittavan ilmanvaihdon periaatteen mukaisesti vakaat olosuhteet ympäri liikuntahalleja. Poistoilman päätelaitteina tutkimuskohteissa on käytetty imukartioita. Imukartioiden sijoittelulla on selvästi pyritty sekä Vexve Areenassa että Tahto Areenassa takaamaan suurista henkilökuormista johtuvien epäpuhtauksien poistuminen nopeasti tiloista. Tästä johtuen kaikki liikuntahallien poistoilman päätelaitteet on suunniteltu joko suoraan katsomoiden yläpuolelle tai katsomon puoleisen hallin sivulle.

Tuloilman päätelaitteiden valintaa voidaan pitää tapausesimerkeissä onnistuneena myös siksi, että pyörrehajottimien heittokuviot voidaan säätää ilmanvaihdon tarpeiden mukaan. Liikuntahallien lämmitystilanteessa heittokuvio säätyy automatiikan mukaisesti alaspäin suuntautuneeksi ja jäähdytystilanteessa sivuille suuntautuneeksi heittokuvioksi. Tämä on myös edesauttanut liikuntahallien vedottomuuden tunteen minimoinnissa, kun sille herkistävää alilämpöistä ilmaa ei puhalleta suoraan alaspäin käyttäjien päälle. Lämmitystilanteessa alaspäin suuntautunutta heittokuviotakin on mahdollista säätää, jotta oleskeluvyöhykkeelle saadaan suunnitellut ja asetusten mukaiset olosuhteet. Tätä voidaan liikuntahalleissa testata. Vikberg (2017) suosittelee opinnäytetyössään Tahto Areenan heittokuvioiden tutkimista savun avulla halutun lopputuloksen saavuttamiseksi.

Tutkimuksessa tarkasteltujen liikuntatilojen lämmityksestä vastaavat ilmanvaihtokoneet on suunniteltu kiertoilmapeltiominaisuudella. Lisäksi Tahto Areenan parvikatsomon ja lohko 1:n ilmanvaihdosta vastaava TK02 on suunniteltu siten, että ilmamäärien tiputtaminen maksimimitoitustilanteesta on mahdollista. Sekä ilman kierrättäminen ja ilmamäärien pienentäminen on suunniteltu kohteisiin energian säästämiseksi, mutta toimintalupa niille on annettu ainoastaan ilmanlaadun sen salliessa.

Automaatiolla tutkimuskohteisiin on luotu toimivat olosuhteet myös ilmanvirtauksista herkimille urheilulajeille. Tahto Areenassa häiritseviä ilmavirtauksia on pyritty vähentämään ilmanvaihtoa pienentämällä. Vexve

Areenassa on samaan tarkoitukseen hyödynnetty pyörrehajottimien säädeltävyyttä, kun esimerkiksi sulkapalloa pelatessa voidaan heittokuviot säätää puhaltamaan suoraan sivuille. Tätä Vexve Areenan ratkaisua pidän erityisen tarkoituksenmukaisena, kun huomioidaan nykyisin rakennettavien liikuntahallien monikäyttöisyys.

Tutkimuskohteiden ilmanvaihtoista löytyi myös eroavaisuuksia. Vexve Areenan salin tasossa olevien katsomoiden ilmanvaihto on toteutettu syrjäyttävällä ilmanvaihdolla. Syrjäyttävää ilmanjakotapaa oli mietitty myös Tahto Areenan katsomoiden ilmanjakotavaksi, mutta sitä ei voitu rakennusteknisien seikkojen takia toteuttaa (Vikberg, 2017). Vexve Areena poikkeaa Tahto Areenasta lisäksi siten, että se on suunniteltu säilyttämään S2-sisäilmastoluokka vuoden ympäri. S2-luokka vaatii koneellista jäähdytystä ja se on ainakin oman kokemukseni mukaan suurissa liikuntahalleissa vielä varsin harvinaista. Myös Tahto Areenaa pystytään jäähdyttämään ilmanvaihdolla, kun ulkolämpötila on alle 15 °C. Koneellinen jäähdytys tulee varmasti tulevaisuudessa lisääntymään, jos kesäkausien lämpötilat nousevat. Toki koneellista jäähdytystä kannattaa miettiä tapauskohtaisesti, kuten Tahto Areenan suunnittelussa on tehty, koska sen käyttö painottuu muille kuin kesäkuukausille (ks. myös Vikberg, 2017).

Tapausesimerkkien perusteella voidaan todeta, että tutkimukseen valikoituneissa liikuntahalleissa on päädytty varsin yhdenmukaisiin ilmanvaihtoratkaisuihin. Ratkaisujen yhteneväisyys selittyy tilojen käyttäjäkuntien samankaltaisuudella. Tämä tutkimus on vahvistanut ymmärrystä siitä, kuinka liikuntahallien ilmanvaihdon suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota erityisesti tilojen käyttötarkoituksiin. Suunnittelijan tulee huolellisesti selvittää, tullaanko liikuntahallia käyttämään erityisesti tietyille urheilulajille vai rakennetaanko liikuntahallista laajakäyttöinen monitoimisali, jolloin monille eri käyttötarkoituksille on suunniteltava tasaisen hyvät olosuhteet.

5.2 Tutkimuksen arviointi

Opinnäytetyön luotettavuuden arviointiin kuuluu olennaisesti sen tekijän valintojen ja käytettyjen menetelmien läpinäkyvyys. Näihin kriteereihin on pyritty vastaamaan kuvaamalla yksityiskohtaisesti analyysin vaiheita.

Tutkimuksen tekijällä, on paljon omakohtaista kokemusta Vexve Areenassa urheilemisesta, ja hän on työskennellyt Vexve Areenan LVI-suunnittelijan opissa useamman vuoden. Tästä syystä vierailuja paikan päällä sekä osallistuvaa havainnointia oli mainitusta kohteesta enemmän. Lisäksi on huomioitava, että Tahto Areenasta saatu tutkimusaineisto osoittautui puutteelliseksi automaatio-suunnitelmien osalta. Tästä johtuen tulokset, jotka käsittelevät ilmanvaihdon järjestelmän automaatioita, eivät ole yhtä tyhjentäviä kuin Vexve Areenan vastaavat havainnot. Edellä mainitut seikat ovat siis voineet vaikuttaa kohteista tehtyihin tulkintoihin. Opinnäytetyön valmistumisen ajankohtana työn tekijä oli myös töissä ulkomailla, mikä rajoitti kohteissa vierailun mahdollisuuksia.

Tulevaisuudessa olisi kiinnostavaa vertailla eri maissa suunniteltuja liikuntahalleja ja niille asetettuja säädöksiä. Jatkotutkimusideaa hyödyntävän kannattaa kuitenkin huomioda seuraava: tätä tutkimusta varten yritettiin kaksi vuotta tuloksetta saada lupaa paikallisten liikuntahallien LVI-piirustusten hyödyntämiseen sekä belgialaisilta että ranskalaisilta suunnitteluyrityksiltä. On oletettavaa, että aika jota elämämme, ja globaali uhka yleisötapahaumien hyväksikäyttämiseen esimerkiksi terroriteoissa, on lisännyt varovaisuutta jakaa rakennusten piirustuksia ulkopuolisille. Myös tässä työssä tekninen aineisto säilytetään luottamuksellisena eikä sitä ole liitetty osaksi opinnäytetyötä.

LÄHTEET

Alueviesti (7.9.2012). Kaupunki vuokrasi Saskyn liikuntahallin 20 vuodeksi. Haettu 16.10.2019.

<https://alueviesti.fi/2012/09/07/kaupunki-vuokrasi-saskyn-liikuntahallin-20-vuodeksi/>

Andersin, M. (2019). *Asetusten 1009/2017, 1010/2017 ja 1047/2017 vertailu Suomen Rakentamismääräyskokoelman osiin D1, D2 ja D3*. Opinnäytetyö. Talotekniikan koulutusohjelma, Oulun ammattikorkeakoulu. Haettu 13.10.2019.
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019060214146>

Arena Center (2019). Arena Center Myllypuro. Haettu 4.12.2019
<http://www.arenacenter.fi/arena-center/myllypuro/>

D2 (2012). Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö. Haettu 20.10.2019.
<https://www.ym.fi/download/noname/%7B5EB5B5EC-4DF9-44B9-A315-94D1E6B84AFE%7D/134437>

FIVB (2019). FIVB volleyball rules. Haettu 4.12.2019
http://www.fivb.org/EN/Refereeing-Rules/documents/FIVB-Volleyball_Rules_2017-2020-EN-v04.pdf s. 12

Huittisten kaupunki (2019). Tahto Areenan käyttövuorot, 9.9.2019 - 31.5.2020. Haettu 26.11.2019
https://www.huittinen.fi/palvelut/liikuntapalvelut/uusi_liikuntahalli_-_tahto_areena/kayttovuorot

Ohjekortti LVI 05-10417. Rakennustietosäätiö (2007). Rakennusten sisäilmaston suunnitteluperusteet. Haettu 23.10.2019.
<https://www.rakennustietokauppa.fi/lvi-05-10417-rakennusten-sisailmaston-suunnitteluperusteet/100573/dp>

Ohjekortti LVI 06-10600. Rakennustietosäätiö (2017). Sisäliikuntatilojen LVIA-suunnittelu. Haettu 23.10.2019.
<https://www.rakennustietokauppa.fi/lvi-06-10600-sisaliikuntatilojen-lvia-suunnittelu/105459/dp>

Seppänen, O. (1996). *Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto*. Helsinki: Suomen LVI-liitto ry.

Seppänen, O. (2004). *Ilmastoinnin suunnittelu*. Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy.

Sisäilmaluokitus (2000). Sisäilmaluokitus 2000: Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Rakennustietosäätiön ohjekortti LVI 05-10318. Haettu 4.12.2019
<https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2007-10741>

Sisäilmaluokitus (2018). Sisäilmaluokitus 2018: Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Rakennustietosäätiön ohjekortti LVI 05-10629. Haettu 14.10.2019.

<https://www.rakennustietokauppa.fi/rt-07-11299-sisailmastoluokitus-2018.-sisaympariston-tavoitearvot-suunnitteluohjeet-ja-tuotevaatimukset/114883/dp>

Suomen säädöskokoelma 1009/2017. Ympäristöministeriön asetus: uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdesta. Haettu 13.10.2019.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>

Vikberg, M. (2017). *Monitoimisalin ilmanvaihdon suunnittelu*. Opinnäytetyö. Rakennustekniikan koulutusohjelma, Satakunnan ammattikorkeakoulu. Haettu 13.10.2019.

<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201701041079>

Yle (5.4.2016). Huittisiin rakennetaan uusi liikuntahalli Huhkolinnan tilalle. Haettu 11.11.2019

<https://yle.fi/uutiset/3-8787274>